Capítulo 4

Agua de Mezcla para el Concreto

Prácticamente cualquier agua natural que sea potable y no presente fuerte sabor u olor se la puede usar como agua de mezcla (de mezclado, de amasado) para la preparación del concreto (Fig. 4-1). Sin embargo, también se pueden emplear en concreto algunas aguas que no se consideran potables.

La Tabla 4-1 muestra seis análisis típicos de abastecimiento (suministro) de agua de algunas ciudades y agua de mar. Estas aguas poseen composición similar al agua de abastecimiento doméstico para la mayoría de las ciudades con más de 20,000 personas en los EE.UU. y Canadá. El agua de cualquiera de estas fuentes es adecuada para la preparación de concreto. Una fuente de agua con análisis equivalente a cualquiera de las aguas en la tabla es probablemente satisfactoria para el uso en concreto (Fig. 4-2).

La Tabla 4-2 presenta las normas que tratan específicamente de la calidad del agua para empleo en morteros y concretos.

Se puede emplear el agua dudosa en concreto, pero se debe verificar su desempeño. Por ejemplo, se aconseja que los cubos de mortero (ASTM C 109 o AASHTO T 106) preparados con el agua dudosa tengan la resistencia a los 7 días igual a por lo menos 90% de la resistencia de los especimenes de referencia preparados con agua potable o agua destilada. Además, se debe garantizar a través de ensayos del tiempo de fraguado que las impurezas en el agua de amasado no van a disminuir o aumentar adversamente el tiempo de fraguado del cemento. Las normas

Fig. 4-1. El agua que es buena para beber es buena para el concreto. (IMG12312)

Tabla 4-1. Análisis Típicos del Agua de Abastecimiento de Las Ciudades y Agua de Mar, Partes Por Millón

	Análisis No.						
Sustancia química	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**Agua de mar***
Sílice (SiO_2)	2.4	0.0	6.5	9.4	22.0	3.0	—
Hierro (Fe)	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	—
Calcio (Ca)	5.8	15.3	29.5	96.0	3.0	1.3	50 a 480
Magnesio (Mg)	1.4	5.5	7.6	27.0	2.4	0.3	260 a 1410
Sodio (Na)	1.7	16.1	2.3	183.0	215.0	1.4	2190 a 12,200
Potasio (K)	0.7	0.0	1.6	18.0	9.8	0.2	70 a 550
Bicarbonato (HCO_3)	14.0	35.8	122.0	334.0	549.0	4.1	—
Sulfato (SO_4)	9.7	59.9	5.3	121.0	11.0	2.6	580 a 2810
Cloruro (Cl)	2.0	3.0	1.4	280.0	22.0	1.0	3960 a 20,000
Nitrato (NO_3)	0.5	0.0	1.6	0.2	0.5	0.0	—
Total de sólidos disueltos	31.0	250.0	125.0	983.0	564.0	19.0	35,000

* Diferentes mares contienen diferentes cantidades de sales disueltas.

Fig. 4-2. Análisis de agua en laboratorio, en este caso usando un espectrofotómetro de absorción atómica para detectar la concentración de los elementos. (IMG12313)

ASTM C 94 (AASHTO M 157) y AASHTO T 26 presentan criterios de aceptación para el agua que será usada en el concreto (Tablas 4-3 y 4-4).

El exceso de impurezas en el agua de mezcla no sólo puede afectar el tiempo de fraguado y las resistencia del concreto, sino también puede causar eflorescencias, manchado, corrosión del refuerzo, instabilidad del volumen y reducción de la durabilidad. Por lo tanto, se pueden establecer ciertos límites opcionales para cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezcla o se pueden realizar ensayos adecuados para la determinación del efecto de las impurezas sobre varias propiedades. Algunas impurezas pueden tener un pequeño efecto sobre la resistencia y el tiempo de fraguado y aun afectar la durabilidad y otras propiedades.

Tabla 4-2. Normas de la Calidad del Agua para Empleo en Morteros y Concretos

País	Norma	Nombre de la norma
Argentina	IRAM 1601	Agua para morteros y hormigones de cemento portland
Chile	NCh1498.Of1982	Hormigón - Agua de amasado – Requisitos
Colombia	NTC 3459	Concretos. Agua para la elaboración de concreto
Ecuador	1 855-1:01 1 855-2:02	Hormigón premezclado; requisitos Hormigón preparado en obra; requisitos
EE.UU.	ASTM C 94	Standard specification for ready mixed concrete
Perú	NTP 339.088-1982	Hormigón (concreto). Agua para morteros y hormigones de cementos portland. Requisitos
México	NMX-C-122-82	Agua para concreto
Venezuela	CONVENIN 2385:2000	Concreto y mortero. Agua de mezcla. Requisitos

Tabla 4-3. Criterios de Aceptación para Abastecimiento de Aguas Dudosas (ASTM C 94 o AASHTO M 157)

	Límites	Método de ensayo
Resistencia a compresión, porcentaje mínima en relación al control, a los siete días	90	C 109* o T 106
Tiempo de fraguado, diferencia en relación al control, hr:min	De 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	C 191* o T 131

* La comparación debe estar basada en proporciones fijas, así como en el mismo volumen de agua de ensayo comparado con una mezcla de control preparada con agua de la ciudad o agua destilada.

Tabla 4-4. Límites Químicos para Aguas de Lavado Usadas con Agua de Mezcla (ASTM C 94 o AASHTO M 157)

Sustancia química o tipo de construcción	Concentración máxima en ppm*	Método de ensayo**
Cloruro, como Cl		ASTM D 512
Concreto pretensado (presfuerzo, presforzado, precomprimido) o concreto para tablero de puentes	500†	
Otros tipos de concreto reforzado (armado) en ambiente húmedo o conteniendo elementos de aluminio o metales distintos embebidos o cimbras permanentes de metal galvanizado	1,000†	
Sulfato, como SO_4	3,000	ASTM D 516
Álcalis, como (Na_2O + 0.658 K_2O)	600	
Total de sólidos	50,000	AASHTO T 26

* El agua de lavado usada como agua para la preparación del concreto puede exceder a los límites de concentraciones de cloruros y sulfatos presentados si se puede mostrar que las concentraciones totales calculadas en el agua de mezcla, incluyendo agua de mezcla en los agregados y otras fuentes, no excedan a los límites establecidos.

** Se puede usar otros métodos de ensayos que han enseñado resultados semejantes.

† Para las condiciones que permitan el uso de aditivos aceleradores a base de $CaCl_2$, los compradores pueden ignorar los límites de cloruros.

Se puede utilizar satisfactoriamente el agua para la preparación del concreto con menos de 2000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos. El agua que contiene más de 2000 ppm de sólidos disueltos se debe analizar para verificar su efecto sobre la resistencia y el tiempo de fraguado. Más información sobre el efecto de las impurezas del agua de mezcla se encuentra en Steinour (1960) y Abrams (1924), donde se discuten más de 100 tipos diferentes de compuestos e iones.

Sigue el resumen de los efectos de ciertas impurezas del agua de mezcla sobre la calidad del concreto normal.

CARBONATO ALCALINO Y BICARBONATO

Los carbonatos y los bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos sobre el tiempo de fraguado de diferentes cementos. El carbonato de sodio puede causar fraguado rápido, el bicarbonato puede tanto acelerar como retardar el fraguado. Estas sales, cuando se encuentran en grandes concentraciones, pueden reducir la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas excede a1000 ppm, se hacen necesarios ensayos para el estudio de su influencia sobre la resistencia y el tiempo de fraguado. También se debe considerar la posibilidad de la ocurrencia de reacciones álcali-agregado fuertes.

CLORURO

El efecto adverso de los iones cloruro sobre la corrosión de la armadura (refuerzo) es la principal razón de preocupación a respecto del contenido de cloruros en el agua usada para la preparación del concreto. Los iones cloruro atacan el filme (capa) de óxido protector que se forma sobre el acero resultante de la alta alcalinidad (pH mayor que 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruros solubles en ácido, en el cual la corrosión empieza en el concreto, es de aproximadamente del 0.2% al 0.4% en peso de cemento (0.15% al 0.3% soluble en agua). Del total del contenido de iones cloruro en el concreto, sólo aproximadamente del 50% al 85% es soluble en agua. El resto combina químicamente en las reacciones del cemento (Whiting 1997, Whiting, Taylor y Nagi 2002 y Taylor, Whiting y Nagi 2000).

Los cloruros se introducen en el concreto con los ingredientes de la mezcla – aditivos, agregados, materiales cementantes y agua de mezcla – o a través de la exposición a las sales anticongelantes, agua de mar o aire cargado de sales en ambientes marinos. Es difícil el establecimiento de límites aceptables del contenido de cloruros para cualquiera de los ingredientes, tal como el agua, pues hay muchas fuentes de iones de cloruro en el concreto. Un límite aceptable depende principalmente del tipo de estructura y del medio al cual esté expuesta durante su vida útil (vida de servicio).

Una alta concentración de sólidos disueltos en el agua natural se debe al alto contenido de cloruro de sodio o sulfato de calcio. Ambos se pueden tolerar en grandes cantidades. La concentración de 20,000 ppm de cloruro de sodio es tolerable en el concreto que se mantendrá seco durante su vida y tiene bajo potencial de corrosión. El agua empleada en el concreto pretensado (presfuerzo, presforzado, pretensado, precomprimido) o en el concreto que vaya a tener elementos de aluminio embebidos, no debe contener cantidades nocivas de iones cloruro. La contribución de los cloruros de los otros ingredientes también se debe considerar. Debe evitarse el uso de aditivos a base de cloruro de calcio en el concreto armado (reforzado).

El código de construcción ACI 318 limita el contenido de iones solubles en agua en el concreto armado en los siguientes porcentajes en peso de cemento:

Concreto pretensado	0.06%
Concreto reforzado expuesto a cloruros durante su vida	0.15%
Concreto reforzado que va a ser mantenido seco y protegido de la humedad durante su vida	1.00%
Otras construcciones en concreto reforzado	0.30%

El ACI 318 no limita la cantidad de cloruros en el concreto simple, o sea el concreto que no contiene acero. Más información sobre los límites y ensayos se puede encontrar en el ACI 222, Corrosión de Metales en Concreto (Corrosion of Metals in Concrete). El contenido de cloruros solubles en ácido y cloruros solubles en agua se puede determinar con el uso de ASTM C 1152 y C 1218, NTC 4049 y NTP 339.076.

SULFATO

La preocupación a respecto del alto contenido de sulfato en el agua usada para la preparación del concreto se debe a las reacciones expansivas potenciales y al deterioro por el ataque de sulfatos, principalmente en áreas donde el concreto será expuesto a suelos o aguas con alto contenido de sulfatos. No obstante, se han usado satisfactoriamente aguas de mezcla conteniendo 10,000 ppm de sulfato de calcio, se debe considerar el límite de la Tabla 4-4, a menos que se tomen cautelas especiales.

OTRAS SALES COMUNES

Los carbonatos de calcio y magnesio no son muy solubles en agua y raramente se encuentran en concentraciones suficientes para afectar la resistencia del concreto. Los bicarbonatos de calcio y magnesio están presentes en algunas aguas municipales. No se consideran perjudiciales las concentraciones menores que 400 ppm.

El sulfato de magnesio y el cloruro de magnesio pueden estar presentes en altas concentraciones sin que causen daños sobre la resistencia. Se han obtenido buenas resistencias con el uso de agua con concentraciones de hasta 40,000 ppm de cloruro de magnesio. Las concentra-

ciones de sulfato de magnesio deben ser menores que 25,000 ppm.

SALES DE HIERRO

Las aguas subterráneas naturales raramente contienen más de 20 a 30 ppm de hierro, sin embargo las aguas ácidas de mina pueden contener grandes cantidades de hierro. Las sales de hierro en concentraciones de hasta 40,000 ppm normalmente no afectan las resistencias del concreto.

DIVERSAS SALES INORGÁNICAS

Las sales de manganeso, estaño, cinc, cobre y plomo en el agua de mezclado pueden causar una significante reducción de la resistencia y grandes variaciones del tiempo de fraguado. De éstas, las sales de cinc, cobre y plomo son las más activas. Las sales yodato de sodio, fosfato de sodio, arseniato de sodio y borato de sodio son especialmente activas como retardadores (retardantes). Todas ellas pueden retardar muchísimo tanto el tiempo de fraguado como también el desarrollo de la resistencia, siempre que estén en concentraciones de pocas décimas de porcentuales del peso del cemento. Normalmente, se pueden tolerar concentraciones de hasta 500 ppm de estas sales en el agua usada para la preparación del concreto.

El sulfuro de sodio es otra sal que puede ser perjudicial al concreto, incluso requiere análisis en una concentración de sólo 100 ppm. Más informaciones sobre el efecto de otras sales se encuentran en las referencias.

AGUA DEL MAR

El agua del mar, con una concentración de sales disueltas de hasta 35,000 ppm, normalmente es adecuada para el uso como agua de mezclado del concreto que no contenga acero. Aproximadamente 78% de la sal es cloruro de sodio y 15% es cloruro y sulfato de magnesio. Aunque la resistencia temprana del concreto preparado con agua de mar pueda ser más elevada que la resistencia del concreto normal, la resistencia a edades mayores (después de 28 días) puede ser menor. Esta reducción de la resistencia se puede compensar con la reducción de la relación agua-cemento.

El agua de mar no es apropiada para la preparación de concreto reforzado con acero y no se debe usar en concreto pretensado, debido al riesgo de la corrosión de la armadura, principalmente en ambientes cálidos y húmedos. Si se usa agua de mar para la preparación de concreto sin refuerzo (sin acero) en aplicaciones marítimas, se deben emplear cementos de moderada resistencia a los sulfatos y baja relación agua-cemento.

El sodio y el potasio de las sales presentes en el agua de mar, usada en la preparación del concreto, pueden agravar la reactividad álcali-agregado. Por lo tanto, no se debe usar agua de mar en la mezcla del concreto donde estén presentes agregados potencialmente reactivos.

El agua de mar empleada en el concreto también tiende a causar eflorescencias y manchas en la superficie del concreto expuesta al aire y al agua (Steinour 1960). Los agregados procedentes del dragado del mar se analizan en el Capítulo 5.

AGUAS ÁCIDAS

La aceptación de aguas ácidas en la mezcla del concreto se debe basar en la concentración de los ácidos en el agua. Ocasionalmente, la aceptación se basa en el pH, que es una medida de la concentración de los iones hidrógenos en una escala logarítmica. El valor de pH es un índice de intensidad y no es la mejor medida de la reactividad potencial de un ácido o de una base. El pH del agua neutra es 7.0; valores inferiores a 7.0 indican acidez y valores superiores a 7.0 indican alcalinidad (una base).

Normalmente el agua de mezclado que contiene ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y otros ácidos inorgánicos comunes en concentraciones de hasta 10,000 ppm no tiene efecto perjudicial sobre la resistencia. Las aguas ácidas con pH menor que 3.0 pueden crear problemas de manejo y, si posible, se deben evitar. Los ácidos orgánicos, tal como el ácido tánico, en altas concentraciones pueden tener un fuerte efecto sobre la resistencia (Fig. 4-3).

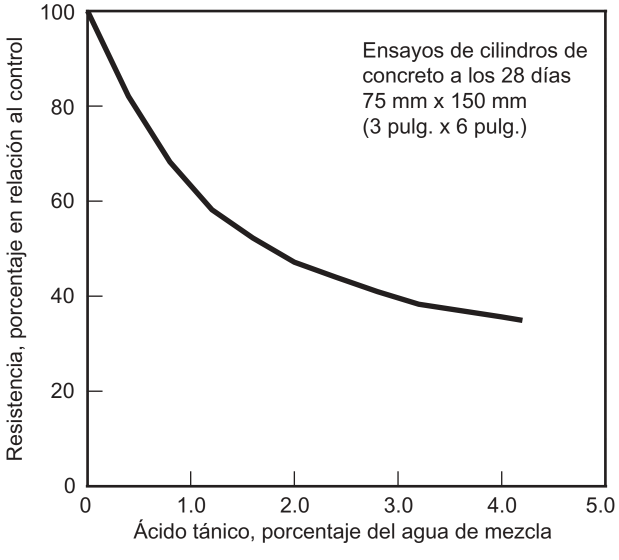

Fig. 4-3. Efecto del ácido tánico sobre la resistencia (Abrams 1920)

AGUAS ALCALINAS

Las aguas con concentraciones de hidróxido de sodio del 0.5% en peso de cemento no afectan considerablemente la resistencia del concreto desde que no se induzca el fraguado rápido. Sin embargo, concentraciones más elevadas pueden reducir la resistencia del concreto.

El hidróxido de calcio en concentraciones de hasta 1.2% en peso de cemento tiene poco efecto sobre la resistencia del concreto con algunos tipos de cemento, pero la misma concentración puede reducir significantemente la resistencia a los 28 días de concretos con otros tipos de cemento.

Se debe considerar la posibilidad del aumento de la reactividad álcali-agregado.

AGUAS DE ENJUAGUE

La agencia de protección ambiental y las agencias estatales de los EE.UU. prohíben que se descarguen en las vías fluviales del país cualquier agua de enjuague o lavado no tratada, que se ha usado en la recuperación de arena y grava de concretos retornados o en la operación de lavado de las mezcladoras. El agua de enjuague de lavado se utiliza normalmente en el concreto premezclado (Fig. 4-4) (Yelton 1999).El agua de enjuague debe atender a los límites de las Tablas 4-3 y 4-4 y a las especificaciones de las normas de la Tabla 4-2.

Fig. 4-4. Los sistemas de recuperación permiten el uso inmediato del agua de lavado en el mezcla. (IMG12425)

AGUAS DE DESECHOS INDUSTRIALES

La mayoría de las aguas que cargan desechos industriales tienen menos de 4000 ppm de sólidos totales. Cuando se usa esta agua para preparar el concreto, la reducción de la resistencia a compresión no supera 10%-15%. Las aguas de desechos industriales tales como curtidurías, fábricas de pintura, plantas de coque, plantas químicas y de galvanización pueden contener impurezas peligrosas. Lo mejor es verificar cualquier agua de desecho que contenga unos pocos cientos de partes por millón de sólidos poco comunes.

AGUAS SANITARIAS RESIDUALES (AGUAS NEGRAS)

Un agua residual típica puede contener aproximadamente 400 ppm de materia orgánica. Después que el agua residual se diluye en un buen sistema de tratamiento, la concentración se reduce para aproximadamente 20 ppm o menos. Esta concentración es muy baja para afectar considerablemente la resistencia del concreto.

IMPUREZAS ORGÁNICAS

El efecto de substancias orgánicas sobre el tiempo de fraguado del cemento portland y sobre la resistencia última del concreto es un problema muy complejo. Tales substancias, como marga de superficie, se pueden encontrar en aguas naturales. Las aguas muy coloridas, con un olor apreciable o con algas verdes o marrones visibles se deben considerar sospechosas y por lo tanto hay que analizarlas. Las impurezas orgánicas provienen normalmente de humus conteniendo ácido tánico (Fig. 4-3).

AZÚCAR

Un pequeña cantidad de sacarosa, del 0.03% al 0.15% en peso de cemento, normalmente es suficiente para retardar el fraguado del cemento. El límite superior de este rango varía de acuerdo con los diferentes cementos. La resistencia a los 7 días se puede reducir mientras que la resistencia a los 28 días se puede aumentar. El azúcar en cantidades iguales o superiores al 0.25% en peso de cemento puede causar fraguado rápido y grande reducción de la resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar influye en el tiempo de fraguado y en la resistencia de manera diferente.

El azúcar en el agua de mezcla en concentraciones inferiores a 500 ppm, normalmente no presenta efecto nocivo sobre la resistencia, pero si la concentración supera este valor, se deben hacer ensayos de tiempo de fraguado y resistencia.

SEDIMENTOS O PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

Se pueden tolerar aproximadamente 2000 ppm de arcilla en suspensión o partículas finas de rocas en el agua de mezclado. Cantidades más elevadas, posiblemente, no afecten la resistencia pero pueden influenciar otras propiedades de algunas mezclas de concreto. Antes de utilizarse un agua embarrada o lodosa, se la debe pasar a

través de estanques de sedimentación o se la debe clarificar por cualquier otro medio para la disminución de la cantidad de sedimentos o arcillas introducidos en la mezcla a través del agua de mezcla. Se pueden tolerar hasta 50,000 ppm cuando los finos del cemento se retornan al concreto por el uso de agua de lavado reciclada.

ACEITES

Muchos tipos de aceites están ocasionalmente presentes en el agua. El aceite mineral (petróleo) sin mezcla de aceites vegetales o animales tiene, probablemente, menos efecto sobre el desarrollo de la resistencia que otros aceites. Sin embargo, el aceite mineral en concentraciones superiores al 2.5% en peso de cemento puede reducir la resistencia en más del 20%.

ALGAS

Las aguas que contienen algas no son adecuadas para el uso en concreto, pues éstas pueden causar una gran reducción de la resistencia, sea por su influencia sobre la hidratación del cemento, sea por provocar la inclusión de grandes cantidades de aire en el concreto. Las algas también pueden estar presentes en los agregados, reduciendo la adherencia entre el agregado y la pasta. Se recomienda 1000 ppm como contenido máximo de algas.

INTERACCIÓN CON LOS ADITIVOS

Al evaluarse el efecto de las aguas sobre las propiedades, es importante que se analice el agua con los aditivos que serán usados en el concreto. Algunos compuestos en el agua pueden influenciar el desempeño y la eficiencia de ciertos aditivos. Por ejemplo, algunas veces se necesita aumentar la cantidad de aditivo inclusor (incorporador) de aire al usarse el aditivo con agua dura conteniendo altas concentraciones de ciertos compuestos o minerales.

REFERENCIAS

Abrams, Duff A., *Effect of Tannic Acid on the Strength of Concrete (Efecto del Ácido Tánico sobre la Resistencia del Concreto),* Bulletin 7, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago, http://www.portcement.org/pdf_files/LS007.pdf, 1920, 34 páginas (disponible a través de la PCA como LS007).

Abrams, Duff A., *Tests of Impure Waters for Mixing Concrete (Ensayos del Agua Impura para el mezclado del Concreto),* Bulletin 12, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago, http://www.portcement.org/pdf_files/LS012.pdf, 1924, 50 páginas (disponible a través de la PCA como LS012).

ACI Committee 201, *Guide to Durable Concrete (Guía del Concreto Durable),* ACI 201.2R-92, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1992, 41 páginas.

ACI Committee 222, *Corrosion of Metals in Concrete (Corrosión de Metales en el Concreto),* ACI 222R-96, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1997, 30 páginas.

ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Requisitos del Código de Edificios para el Concreto estructural y Comentarios),* ACI 318-02, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 1999, 369 páginas. Disponible a través de la PCA como LT125.

Bhatty, Javed I., *Effects of Minor Elements on Cement Manufacture and Use (Efectos de Elementos Minoritarios sobre la Producción y Uso de los Cementos),* Research and Development Bulletin RD109, Portland Cement Association, 1995, 48 páginas.

Bhatty, J.; Miller, F.; West, P.; y Ost, B., *Stabilization of Heavy Metals in Portland Cement, Silica Fume/Portland Cement and Masonry Cement Matrices (Estabilización de Metales Pesados en Matrices de de Cemento Portland, Humo de Sílice/ Cemento Portland y Cementos de Masonería),* RP348, Portland Cement Association, 1999, 106 páginas.

Gaynor, Richard D., "Calculating Chloride Percentages (Cálculos de los Porcentajes de Cloruro)," *Concrete Technology Today,* PL983, Portland Cement Association, http://www.portcement.org/pdf_files/PL983.pdf, Diciembre, 1998, 2 páginas.

Meininger, Richard C., *Recycling Mixer Wash Water (Reciclaje de Agua de Lavado de Mezcladoras),* National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland.

NRMCA, *A System for 100% Recycling of Returned Concrete: Equipment, Procedures, and Effects on Product Quality (Reciclaje de Concreto Devuelto: equipos, Procedimientos y Efectos sobre la Calidad del Producto),* National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, 1975.

Steinour, H. H., *Concrete Mix Water—How Impure Can It Be? (Agua de Mezclado de Concreto – ¿cuán impura puede ser?),* Research Department Bulletin RX119, Portland Cement Association, http://www.portcement.org/pdf_files/RX119.pdf, 1960, 20 páginas.

Taylor, Peter C.; Whiting, David A.; y Nagi, Mohamad A., *Threshold Chloride Content of Steel in Concrete (Contenido de Cloruros Límite para el Acero en el Concreto),* R&D Serial No. 2169, Portland Cement Association, http://www.portcement.org/pdf_files/SN2169.pdf, 2000, 32 páginas.

Whiting, David A., *Origins of Chloride Limits for Reinforced Concrete (Origen de los Límites de Cloruro para el Concreto Reforzado),* R&D Serial No. 2153, Portland Cement Association, http://www.portcement.org/pdf_files/SN2153.pdf, 1997, 18 páginas.

Whiting, David A.; Taylor, Peter C.; y Nagi, Mohamad A., *Chloride Limits in Reinforced Concrete (Límites de Cloruro en el Concreto Reforzado),* R&D Serial No. 2438, Portland Cement Association, 2002, 96 páginas.

Yelton, Rick, "Answering Five Common Questions about Reclaimers (Respuestas para Las Cinco Preguntas más Comunes sobre Saneamiento)," *The Concrete Producer,* Addison, Illinois, Septiembre, 1999, páginas 17 a 19.